

**PENURUNAN TOKSISITAS *LEACHATE* (AIR LINDI)
DARI TPAS PUTRI CEMPO MOJOSONGO SURAKARTA DENGAN
PAC (*POLYALUMINUM CHLORIDE*)
(*Toxicity Reduction of Leachate from Putri Cempo Municipal Landfill (TPAS)
Mojosongo Surakarta with PAC (Poly Aluminum Chloride)*)**

Dwi Astuti*, Sarto, dan Susi Iravati***.**

*Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Fakultas Teknik Jurusan Kimia Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

*** Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Diterima: 19 Mei 2009

Disetujui: 3 Juli 2009

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah menetapkan persen penurunan toksisitas sesudah diperlakukan dengan PAC. Rancangan penelitian ini adalah eksperimen murni dengan *pretest-posttest with control group design*. Populasi dalam penelitian ini adalah air lindi yang berasal dari TPAS Putri Cempo Mojosongo Surakarta. Sampel penelitian berupa air lindi sebanyak 250 liter yang diambil dari bagian *outlet*, cara pengambilan sampel dengan metode *quota sampling*.

Hasil menunjukkan bahwa toksisitas air lindi terhadap ikan uji berdasarkan LC_{50} 24-96 jam sebagai berikut: (1) tanpa perlakuan PAC: 25,06% (24 jam); 21,07% (48 jam); 17,49% (72 jam); dan 14,97% (96 jam). (2) Dengan perlakuan PAC: 89,44% (24 jam); 63,73% (48 jam); 49,99% (72 jam); dan 40,96% (96 jam). Sehingga persentase penurunan toksisitasnya adalah: 64,38% (24 jam), 42,66% (48 jam), 32,50% (72 jam), dan 25,99% (96 jam).

Kata kunci: toksisitas air lindi, PAC.

Abstract

The aims of the current study were to determine percentage of leachate toxicity reduction after treatment with PAC. The experimental design used was true experimental study with pretest-posttest with control group design. Population in this study was leachate from Putri Cempo Landfill (TPAS Putri Cempo) Mojosongo Surakarta. The sample was 250 litres leachate obtained from the landfill outlet by quota sampling method.

The results revealed the leachate toxicity based on LC_{50} 24-96 hours were: (1) without PAC treatment: 25.06% (24 hours), 21.07% (48 hours), 17.49% (72 hours), and 14.97% (96 hours); (2) with PAC treatment: 89.44% (24 hours), 63.73% (48 hours), 49.99% (72 hours), and 40.96% (96 hours). Therefore, the toxicity reductions were: 64.38% (24 hours), 42.66% (48 hours), 32.50% (72 hours), and 25.99% (96 hours).

Keywords: *leachate toxicity, PAC (poly aluminium chloride).*

PENDAHULUAN

Produksi sampah di Kota Surakarta meningkat setiap tahun. Pada tahun 2002 sebanyak 72.396.457 kg, tahun 2003 sebanyak 78.828.190 kg, tahun 2004 sebanyak 81.025.660

kg, tahun 2005 sebanyak 81.880.284 kg, dan tahun 2006 sebanyak 86.498.070 kg (Pemkot Surakarta, 2007). Pertambahan penduduk dengan segala aktivitasnya yang demikian pesat telah mengakibatkan peningkatan jumlah sampah. Produksi sampah yang

semakin tinggi, dipacu dengan adanya proses modernisasi, menyebabkan terakumulasinya sampah sehingga semakin hari semakin menumpuk. Jumlah sampah di TPAS yang sangat besar akan menyebabkan proses dekomposisi alamiah ber-langsung secara besar-besaran pula. Pada proses dekomposisi tersebut akan mengubah sampah menjadi pupuk organik dan menimbulkan hasil samping yaitu *leachate* (air lindi).

Masuknya zat kimia yang ada dalam air lindi ke dalam ekosistem perairan dapat mempengaruhi biota yang ada. Apabila di dalam ekosistem perairan terjadi pencemaran, dapat menyebabkan kematian biota atau mempengaruhi kegiatan fisiologis, proses makan, pembentukan sel dan fungsi jaringan sel suatu organ (Connel dan Miller, 1983).

Pengolahan air lindi di TPAS Putri Cempo masih sangat sederhana, yaitu hanya berupa bak-bak pengendapan sehingga hasilnya belum optimal. Hal ini ditandai dengan kualitas fisik buangan pada *outlet* berwarna kehitaman dengan nilai TSS 530 mg/l; BOD₅ sebesar 740 mg/l; COD 7000 mg/l; dan pH 8,7 (Astuti dan Darnoto, 2006). Davis dan Cornwell (1991) juga menyatakan bahwa air lindi dari TPAS dengan sistem *sanitary landfill* mengandung TSS 200-1000 mg/l; BOD₅ 2000-30.000 mg/l; COD 3000-45.000 mg/l; dan pH 5,3 - 8,3. Salah satu alternatif pengolahan air lindi adalah dengan menggunakan *poly aluminium chloride* (PAC). Polimer aluminium adalah merupakan jenis koagulan baru sebagai hasil riset dan pengembangan teknologi pengolahan air limbah. PAC dapat digunakan karena koagulan ini mempunyai kemampuan koagulasi yang kuat, cocok digunakan untuk pengolahan limbah yang keruh dengan BOD dan COD tinggi, rentang pH lebar (6-9), biayanya murah, dan mudah pengoperasiannya (Raharjo, 1993).

Uji toksisitas akuatik merupakan suatu cara yang cukup representatif, dipilihnya ikan nila merah (*Oreochromis niloticus*) sebagai hewan uji dalam penelitian ini, karena ikan nila

merah merupakan jenis ikan yang mempunyai nilai ekonomis penting, penyebaran luas, serta sesuai dengan persyaratan pengujian biologis yang ditetapkan oleh *Environmental Protection Agency* (EPA, 1975).

Masalah dalam penelitian ini adalah: (1) Berapakah nilai LC₅₀ air lindi sebelum dan setelah perlakuan?; dan (2) Berapa persen penurunan toksisitas air lindi setelah diperlakukan dengan PAC?.

TINJAUAN PUSTAKA

Sampah sebagai Sumber Air Lindi

Sampah yang telah mengalami pembusukan akan menimbulkan bau busuk sampai menyengat hidung yang berasal dari H₂S, serta metan yang bersifat racun terhadap tubuh (Masduki, 1986). Selain timbulnya gas-gas hasil dekomposisi, sampah juga menghasilkan air lindi yang terbentuk karena rembesan air hujan dalam timbunan sampah atau adanya kadar air yang tinggi. Air yang merembes ini akan menimbulkan aliran dengan membawa berbagai zat yang terkandung dalam sampah, sehingga air lindi dapat mengandung nitrit, nitrat, metan, CO₂, sulfat, sulfida, air, dan mikroorganisme baik yang pathogen maupun non pathogen (Masduki, 1986). Damanhuri (1993) menjelaskan bahwa air lindi adalah cairan yang meresap melalui sampah dan dapat melarutkan material organik yang ada dalam sampah, kemudian terlarut atau tersuspensi dalam cairan tersebut.

Komposisi dan Karakteristik Air Lindi

Komposisi air lindi tergantung dari komposisi sampahnya, hal ini dapat dilihat antara lain dari: (1) jenis dan umur sampah yang tertimbun; (2) keseimbangan air di TPA; dan (3) mikroba yang berperan. Proses pembusukkan sampah memerlukan mikroba-mikroba pengurai antara lain *fungi*, *yeast*, dan *actinomycetes*. Mikroba-mikroba ini dapat larut dalam air, sehingga bila terdapat aliran air maka mikroba tersebut akan terbawa air.

Reksosoebroto (dalam Sugiharto, 1987), menerangkan bahwa air limbah yang dibiarkan akan mempunyai efek samping yang merugikan manusia, yaitu: (1) membahayakan kehidupan manusia karena dapat membawa penyakit; (2) merugikan dari segi ekonomi karena dapat menimbulkan kerusakan pada benda atau bangunan, tanaman maupun peternakan; dan (3) merusak ekosistem, yakni membunuh kehidupan perairan. Slamet (2000) menyatakan bahwa air lindi dapat membahayakan kesehatan dan lingkungan karena air lindi mengandung mikroba patogen, logam berat dan jenis lainnya.

Air Lindi Penyebab Pencemaran Air

Davis dan Cornwell (1991) menjelaskan bahwa air lindi dari TPAS sistem *sanitary landfill* mengandung: total zat padat tersuspensi 200-1000 mg/l; BOD₅ 2000-30.000 mg/l; COD 3000-45.000 mg/l; dan pH 5,3 - 8,3. Air lindi di TPAS berasal dari dekomposisi sampah secara aerob dan anaerob, serta sumber eksterna berupa cairan yang masuk ke dalamnya. Chen (1975) menerangkan bahwa pada awalnya sampah terdekomposisi secara aerobik, tetapi setelah oksigen di dalamnya habis maka terdekomposisi secara anaerobik dengan mikroorganisme utama yang bekerja adalah mikroorganisme fakultatif aerob yang menghasilkan gas metan.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yakni melihat toksisitas air lindi dan penurunan toksisitasnya menggunakan PAC, terhadap ikan nila merah (*Oreochromis niloticus*). Rancangan penelitian ini adalah eksperimen murni (*true experiment*) dengan *pretest-posttest with control group design* (Praktiknya, 2003).

Populasi dalam penelitian ini adalah air lindi yang berasal dari TPAS Putri Cempo Mojosongo Surakarta. Sampel berupa air lindi dari TPAS Putri Cempo Mojosongo Surakarta

sebanyak 250 liter yang diambil dari bagian *outlet*, cara pengambilan sampel dengan metode *quota sampling*. Variabel Penelitian: (a) variabel bebas: dosis PAC; (b) variabel terikat: jumlah kematian ikan nila merah, dan kualitas air lindi. dan (c) variabel pengaruh terkendali: spesies, umur ikan, berat ikan, panjang ikan, jumlah ikan, musim, jenis sampah, volume bejana, suhu, dan pH.

Bahan yang digunakan adalah: (a) air lindi; (b) PAC; (c) hewan uji berupa ikan nila merah (*Oreochromis niloticus*); (d) bahan kimia untuk pemeriksaan parameter air yang ada dalam Perda Provinsi Jateng Nomor 10 Tahun 2004 tentang BMAL Golongan I; (e) pelet, untuk makan ikan; dan (f) aquades.

Alat yang dipakai adalah: (a) bejana uji plastik; (b) timbangan; (c) gelas ukur 1000 cc; (d) pengaduk magnet; (e) jaring ikan; (f) pengukur ikan; (g) jerigen volume 5 l dan 35 l (h) aerator mekanik; (i) termometer air raksa; (j) pH meter; (k) DO meter; (l) COD reaktor; (m) spektrofotometer; (n) akuarium; (o) cawan petri; (p) seperangkat alat titrasi; (q) takaran 1000 ml; 500 ml; 200 ml; 100 ml; 50 ml; dan 25 ml.

Jalannya Penelitian

Pelaksanaan uji toksisitas air lindi terhadap mortalitas ikan uji yang meliputi:

- a. Uji pendahuluan; dilakukan untuk mencari konsentrasi air lindi yang dapat mematikan 50 % ikan uji. Konsentrasi air lindi yang digunakan yaitu: 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, dan 100%. Ikan sejumlah 110 ekor yang sudah diaklimasi dibagi sebelas kelompok, tiap 10 ekor ditempatkan dalam bejana uji. Pengujian dilakukan dengan sistem statis dan selama pengujian diberikan aerasi. Pengamatan dilakukan mulai 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam.
- b. Uji sesungguhnya; merupakan kelanjutan dari uji pendahuluan. Jadi misalnya dari uji pendahuluan didapatkan LC₅₀-96 jam terletak pada interval konsentrasi 10%

Tabel 1. Hasil Uji Awal Penentuan Konsentrasi PAC dengan Pengamatan pH, Warna, Endapan, dan Buih pada Air Lindi

Konsentrasi PAC (g/l)	Hasil Pengamatan Air Lindi			
	pH	Warna	Endapan	Buih
2,5	8,1	Kehitaman	Tidak ada	Tidak ada
3	7,9	Coklat kehitaman	Sedikit	Tidak ada
3,5	7,8	Coklat kehitaman	Sedikit	Tidak ada
4	7,6	Coklat	Sedikit	Tidak ada
4,5	7,4	Kuning kecoklatan	Sedikit	Tidak ada
5	7,3	Kuning	Sedang	Tidak ada
5,5	7,2	Kuning	Sedang	Tidak ada
6	7,0	Jernih kekuningan	Sedang	Tidak ada
6,5	6,5	Jernih kekuningan	Agak banyak	Sedikit
7	6,3	Jernih kekuningan	Agak banyak	Agak banyak
7,5	6,1	Jernih kekuningan	Banyak	Banyak

Tabel 2. Hasil Uji Jar dengan Parameter Warna, Kekeruhan, TSS, TDS, dan pH Air Lindi

Konsentrasi PAC (g/l)	Parameter Air Lindi				
	Warna (PtCo)	Kekeruhan (mg/l)	TSS (mg/l)	TDS (mg/l)	pH
0,0	3365	2760	560	14600	8,6
	3857	2590	562	14600	8,5
	4570	2681	550	14500	8,2
	1269	997	533	14200	7,9
3,0	1547	982	530	14200	7,6
	1373	964	533	14300	7,5
	1037	894	522	14200	7,4
	1755	912	516	14200	7,4
3,5	1022	880	524	14250	7,4
	861	836	516	14100	7,3
	787	821	510	14100	7,3
	691	788	510	14000	7,4
4,0	601	770	502	14100	7,4
	866	753	500	14000	7,1
	772	765	502	14000	7,1
	629	661	490	13900	7,3
5,0	551	640	494	13900	7,0
	583	662	486	13900	7,1
	472	579	485	13700	7,0
	482	559	490	13600	7,1
5,5	531	580	485	13600	7,0
	408	522	483	13500	6,9
6,0	437	530	480	13400	7,1
	376	531	480	13400	6,9

Keterangan: -TSS (*total suspended solid*) = kandungan total zat padat tersuspensi

-TDS (*total dissolved solid*) = kandungan total zat padat terlarut

sampai 20%, maka interval konsentrasi yang digunakan pada uji sesungguhnya adalah: 0,0%; 10,0%; 12,5%; 15,0%; 17,5%; dan 20,0%. Pada uji tahap ini dilakukan ulangan tiga kali dan pengamatan mulai 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Setiap pengamatan dicatat jumlah ikan uji yang mati dan dilakukan pemeriksaan kualitas air pada air uji, meliputi: BOD, pH, TSS, DO, COD, Cl⁻, kesadahan, NO₃⁻, dan NH₃ pada semua bejana uji.

- c. Pemeriksaan kualitas air yang meliputi parameter kualitas buangan sesuai yang dipersyaratkan dalam Perda Provinsi Jateng Nomor 10 Tahun 2004 tentang BMAL Golongan I, dilakukan pada air lindi sebelum dan sesudah diperlakukan dengan PAC.
- d. Penurunan toksisitas air lindi dengan PAC; untuk menentukan kadar PAC yang diperlukan untuk proses koagulasi air lindi dalam rangka untuk menurunkan toksisitasnya dengan mengguna-

kan teknik Uji Jar atau *Jar Test* (Sarto, 1994).

Analisis Data

Analisis data dengan analisis probit dan regresi linier, untuk menentukan LC₅₀ 24—96 jam dari air lindi terhadap hewan uji, sebelum maupun sesudah diperlakukan dengan PAC. Dihitung juga mortalitas terkoreksi, apabila pada kelompok kontrol kematian sebesar 5 -20% maka persentase kematian hewan uji dikoreksi dengan rumus Abbott.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Kebutuhan PAC pada Perbaikan Kualitas Air Lindi

Hasil uji awal pada Tabel 1, ditetapkan konsentrasi PAC yang akan digunakan dalam *Jar Test* adalah 0-6 g/l, karena pada konsentrasi PAC di atas 6 g/l pH sudah mulai asam serta sudah mulai terbentuk buih yang menandai adanya penambahan PAC yang berlebihan.

Tabel 3. Hasil Analisis Air Lindi Sebelum dan Setelah Perlakuan PAC

Parameter	Satuan	Hasil Analisis		Baku Mutu Air Limbah Gol-I ^{b)}
		Sebelum	Sesudah	
FISIKA				
Temperatur	°C	26 ^{**)}	26 ^{**)}	38
Padatan Tersuspensi	mg/l	549 ^{*)}	481 ^{*)}	100
Residu Terlarut	mg/l	15755 ^{*)}	11288 ^{*)}	2000
KIMIA				
pH	--	8,67 ^{*)}	6,9	6-9
BOD	mg/l	657 ^{*)}	240 ^{*)}	50
COD	mg/l	3159 ^{*)}	485 ^{*)}	100
DO	mg/l	3,1	5,7	-
Phospat (PO ₄)	mg/l	0,95	0,0757	-
Nitrat (NO ₃)	mg/l	900 ^{*)}	205 ^{*)}	20
Boron	mg/l	1,97	1,4	-
Amonia (NH ₃)	mg/l	168	72	-
Kadmuim (Cd)	mg/l	0,36 ^{*)}	0,28 ^{*)}	0,05
Krom (Cr)	mg/l	0,38 ^{**)}	0,12 ^{**)}	0,5
Tembaga (Cu)	mg/l	1,96 ^{**)}	0,16 ^{**)}	2
Aluminium (Al)	mg/l	4,10	2,55	-
Merkuri (Hg)	mg/l	-	-	0,002
Timbal (Pb)	mg/l	0,00 ^{**)}	0,00 ^{**)}	0,1
Mangan (Mn)	mg/l	3,10 ^{*)}	2,45 ^{*)}	2

Parameter	Satuan	Hasil Analisis		Baku Mutu Air Limbah Gol-I ^{*)}
		Sebelum	Sesudah	
Seng (Zn)	mg/l	0,23 ^{**)}	0,11 ^{**)}	5
Sianida (CN)	mg/l	0,045 ^{**)}	0,005 ^{**)}	0,05
Fluorida (F)	mg/l	0,35 ^{**)}	0,28	2
Klorida (Cl)	mg/l	837 ^{*)}	679 ^{**)}	800
Nitrit (NO ₂)	mg/l	27 ^{*)}	15 ^{*)}	1
Sisa Klor (Cl ₂)	mg/l	1,41 ^{*)}	0,16 ^{**)}	1
Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,096 ^{*)}	0,015 ^{**)}	0,05
Phenol	mg/l	0,1988 ^{**)}	0,0664 ^{**)}	0,5
Minyak dan Lemak	mg/l	1016 ^{*)}	118 ^{*)}	10
Deterjen	mg/l	0,1782	0,077	-
BAKTERIOLOGI				
Coliform	MPN/100 ml	≥ 2400	≥ 2400	-

Keterangan:

- ^{*)} = Baku Mutu Air Limbah Golongan I Peraturan Daerah Propinsi Jateng Nomor 10 Tahun 2004.
^{*)} = Melebihi Baku Mutu Air Limbah Golongan I
^{**)} = Di bawah Baku Mutu Air Limbah Golongan I

Dari Tabel 2, diketahui bahwa dosis PAC yang optimum untuk memperbaiki kualitas air lindi berdasarkan penurunan parameter warna, kekeruhan, TSS, TDS, dan pH adalah 6 g/l.

1. Kualitas Air Lindi

Hasil analisis kualitas air lindi yang berasal dari bak penampungan ke saluran alami yang diambil dalam kondisi musim hujan. Kualitas air lindi yang diperiksa (Tabel 3) meliputi semua parameter yang ada pada Peraturan Daerah Propinsi Jateng Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah Golongan I pada saat sebelum dan sesudah perlakuan PAC.

Dari hasil analisis kualitas air lindi pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa pada semua parameter mengalami perbaikan kualitas. Meskipun demikian, masih ada beberapa parameter yang masih melebihi baku mutu yang ditetapkan. Adapun Parameter yang melebihi Baku Mutu Air Limbah Golongan I Peraturan Daerah Propinsi Jateng Nomor 10 Tahun 2004 diantaranya adalah: padatan tersuspensi, residu

terlarut, BOD, COD, nitrat, nitrit, kadmium, mangan, serta lemak dan minyak.

2. Uji Toksisitas Pendahuluan Air Lindi terhadap Ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*)

Uji toksisitas air lindi terhadap ikan nila merah (*Oreochromis niloticus*) meliputi uji pendahuluan dan uji sesungguhnya. Masing-masing uji untuk mencari LC₅₀-96 jam, baik untuk air lindi yang diperlakukan dengan PAC maupun yang tidak diperlakukan PAC. Uji pendahuluan menggunakan konsentrasi air lindi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, dan 100%. Pengujian dengan sistem statis dengan diberikan aerasi dengan waktu pengamatan 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam.

Uji sesungguhnya merupakan kelanjutan dari uji pendahuluan, yang meliputi uji toksisitas air lindi terhadap ikan uji untuk mendapatkan nilai LC₅₀-96 jam serta pemeriksaan kualitas air pada air uji, meliputi: BOD, pH, TSS, DO, COD, Cl⁻, kesadahan, NO₃⁻ dan NH₃ pada masing-masing bejana uji.

Tabel 4. Mortalitas Ikan Nila Merah pada Uji Pendahuluan

Jml ikan (ekor)	Konsetrasi air lindi (%)	Mortalitas ikan (%) pada pengamatan							
		24 jam		48 jam		72 jam		96 jam	
		TP	P	TP	P	TP	P	TP	P
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	10	0	20	0	30	10	40	10
10	20	20	0	30	10	50	20	60	20
10	30	30	0	40	20	50	30	60	30
10	40	30	10	50	40	60	40	80	40
10	50	40	20	60	40	70	50	80	60
10	60	60	20	80	70	100	70	100	70
10	70	90	30	100	70	100	70	100	70
10	80	100	30	100	70	100	70	100	90
10	90	100	30	100	80	100	80	100	100
10	100	100	40	100	80	100	90	100	100

Keterangan: TP (tanpa perlakuan PAC); P (diperlakukan dengan PAC)

Tabel 5. Mortalitas Ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*) pada Uji Sesungguhnya

Perlakuan	Jml ikan (ekor)	Konsetrasi Air Lindi (%)		Mortalitas ikan (%) pada pengamatan							
		TP	P	24 jam		48 jam		72 jam		96 jam	
				TP	P	TP	P	TP	P	TP	P
I	10			0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10			0	0	0	0	0	0	0	0
II	10			10	20	20	30	30	40	40	50
	10	10,0	40,0	10	20	20	30	30	40	40	40
	10			20	10	20	20	20	30	40	40
III	10			20	20	20	30	30	40	40	50
	10	12,5	42,5	10	20	20	30	30	40	40	40
	10			20	10	20	20	30	40	40	50
IV	10			20	20	30	30	40	40	50	50
	10	15,0	45,0	20	20	20	30	30	40	40	50
	10			20	20	30	30	40	50	40	60
V	10			30	20	40	40	50	50	60	60
	10	17,5	47,5	20	20	30	30	40	40	50	60
	10			20	30	30	40	50	50	60	60
VI	10			40	40	40	50	50	60	60	70
	10	20,0	50,0	30	40	40	50	50	60	60	70
	10			30	30	50	50	60	50	70	70

Keterangan: TP (tanpa perlakuan PAC); P (diperlakukan dengan PAC).

Pada Tabel 5, masing-masing variasi konsentrasi air lindi dari uji sesungguhnya dilakukan ulangan tiga kali mulai pengamatan 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Dari hasil pengamatan tercatat jumlah ikan uji yang mati semakin banyak pada konsentrasi air lindi yang semakin besar, baik pada kelompok yang diperlakukan PAC maupun yang tidak diperlakukan dengan PAC.

Nilai LC_{50} air lindi, baik yang tanpa perlakuan PAC maupun dengan perlakuan PAC

persentase tertinggi adalah LC_{50} 24 jam dan persentase terendah LC_{50} 96 jam. Demikian juga untuk persentase perbaikan toksisitas air lindi, paling besar adalah LC_{50} 24 jam (64,38%) dan paling kecil adalah LC_{50} 96 jam (25,99%).

1) Kualitas Air Uji pada Uji Toksisitas

Pemeriksaan kualitas air uji pada uji toksisitas sesungguhnya dilakukan pada awal dan akhir penelitian dengan hasil tertera pada Tabel 7.

Tabel 6. Nilai LC_{50} dari 24 sampai 96 jam

No.	LC_{50} Air Lindi tanpa Perlakuan PAC (%)	LC_{50} Air Lindi dengan Perlakuan PAC (%)	Perbaikan Toksisitas Air Lindi (%)
1.	LC_{50} 24 jam = 25,06	LC_{50} 24 jam = 89,44	64,38
2.	LC_{50} 48 jam = 21,07	LC_{50} 48 jam = 63,73	42,66
3.	LC_{50} 72 jam = 17,49	LC_{50} 72 jam = 49,99	32,50
4.	LC_{50} 96 jam = 14,97	LC_{50} 96 jam = 40,96	25,99

Tabel 7. Kualitas Air pada Uji Toksisitas Sesungguhnya (di Awal dan Akhir Penelitian)

Parameter	Konsentrasi Air Lindi (%)		Nilai Parameter Pengamatan 24-96 jam		Kelayakan biologis ^{a)}	Baku Mutu Air Limbah ^{##)}
	TP	P	TP	P		
pH	0,0	0,0	6,9-7,0	6,7-7,0	6,5-9,0	6-9
	10,0	40,0	7,9-7,3	7,1-7,0		
	12,5	42,5	8,2-7,4	7,2-7,0		
	15,0	45,0	8,3-7,6	7,3-7,1		
	17,5	47,5	8,5-7,9	7,3-7,2		
	20,0	50,0	8,6-8,0	7,3-7,2		
TDS (mg/l)	0,0	0,0	820-615	820-615	Maks. 2000	2000
	10,0	40,0	1565-1485	752-633		
	12,5	42,5	1723-1616	786-651		
	15,0	45,0	1826-1630	790-664		
	17,5	47,5	2215-2012*)	844-715		
	20,0	50,0	2346-2118*)	910-862		
DO (mg/l)	0,0	0,0	6,3-6,3	6,3-6,3	Min. 5	-
	10,0	40,0	5,6-5,5	6,1-6,0		
	12,5	42,5	5,5-5,3	6,0-5,8		
	15,0	45,0	5,3-5,1	6,0-5,6		
	17,5	47,5	4,9-4,8*)	5,8-5,5		
	20,0	50,0	4,6-4,4*)	5,4-5,0		
COD (mg/l)	0,0	0,0	10-9,2	10-9,2	-	100
	10,0	40,0	421-392*)	98-75		
	12,5	42,5	470-433*)	102*)-87		
	15,0	45,0	524-490*)	118-103*)		
	17,5	47,5	577-547*)	125-108*)		
	20,0	50,0	710-691*)	147-126*)		

Lanjutan

Parameter	Konsentrasi Air Lindi (%)		Nilai Parameter		Kelayakan biologis ^{*)}	Baku Mutu Air Limbah ^{###)}
			Pengamatan 24-96 jam			
			TP	P		
Kesadahan sebagai CaCO ₃ (mg/l)	0,0	0,0	50-51	50-51	20-200	-
	10,0	40,0	204*)-182	114-87		
	12,5	42,5	234*)-196	118-82		
	15,0	45,0	285-245*)	144-115		
	17,5	47,5	335-298*)	166-136		
	20,0	50,0	409-371*)	200-182		
Cl ⁻ (mg/l)	0,0	0,0	204-198	204-198	-	800
	10,0	40,0	600-583	440-432		
	12,5	42,5	670-660	465-460		
	15,0	45,0	778-752	497-490		
	17,5	47,5	860-841*)	520-520		
	20,0	50,0	946-940*)	551-550		
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,0	0,0	10,0-9,2	10,0-9,2	-	20
	10,0	40,0	18,2-17,0	16,4-13,2		
	12,5	42,5	19,6-18,1	17,8-14,6		
	15,0	45,0	24,5-21,9*)	18,9-17,1		
	17,5	47,5	28,6-24,3*)	19,0-17,4		
	20,0	50,0	34,0-30,8*)	19,8-18,0		
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,0	0,0	0,0-0,0	0,0-0,0	Maks. 1	1
	10,0	40,0	1,4*)-1,0	0,8-0,5		
	12,5	42,5	1,8-1,3*)	0,8-0,6		
	15,0	45,0	2,2-1,6*)	0,9-0,7		
	17,5	47,5	2,5-2,0*)	1,1*)-0,8		
	20,0	50,0	3,3-2,5*)	1,4-1,2*)		

Keterangan: ^{*)}Syarat kualitas air untuk ikan uji ditetapkan Puslitbang Perikanan Departemen Pertanian; ^{###)} Perda Provinsi Jateng No. 10 Th 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah; ^{*)} Melebihi syarat kualitas air untuk ikan dan Baku Mutu Air Limbah Gol. I

B. Pembahasan

1. Penentuan Konsentrasi PAC dengan Uji Jar

Dari hasil Uji Jar pada Tabel 2, terlihat bahwa penggunaan PAC yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas air lindi berdasarkan penurunan kandungan warna, kekeruhan, TSS, TDS, dan pH adalah pada konsentrasi 6 g/l. Pemakaian PAC dengan konsentrasi yang sesuai akan menurunkan kandungan warna, kekeruhan, TSS, TDS dan pH, tetapi jika berlebihan maka parameter warna, kekeruhan dan TSS akan naik kembali. Hal ini disebabkan karena pada pemakaian konsentrasi PAC yang tepat akan menyebabkan partikel-partikel koloid dalam air lindi akan terikat satu sama lain membentuk flok-flok yang stabil kemudian mengendap.

Sedangkan pemakaian PAC yang berlebihan akan menyebabkan flok-flok yang sudah stabil tersebut akan kembali terurai dan pecah sehingga kandungan warna, kekeruhan, dan TSS air lindi akan meningkat lagi.

Penghitungan kebutuhan PAC untuk mengolah air lindi yang berada di TPAS dapat dihitung berdasarkan debit rata-rata air lindi dari TPAS ke bak pengolahan per-bulan. Misalnya, debit rata-rata setiap bulan sebesar 0,000350 m³/det atau 0,350 l/det; maka penghitungan perkiraan kebutuhan PAC perbulan untuk mengolah air lindi di TPAS Putri Cempo Mojoso Surakarta sebelum dibuang ke saluran alami berdasarkan Uji Jar adalah sebesar 5443,2 kg/bulan.

2. Kualitas Air Lindi

Berdasarkan hasil analisis air lindi pada Tabel 3, parameter fisika yang melebihi baku mutu adalah padatan tersuspensi dan residu terlarut. Padatan tersuspensi merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Contohnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. Jika padatan tersuspensi dalam air tinggi, akan mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dalam air sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen pada proses fotosintesis. Adapun residu terlarut merupakan padatan-padatan yang ukurannya lebih kecil dari padatan tersuspensi biasanya terdiri dari senyawa anorganik yang larut air, mineral, dan garam-garamnya. Contohnya Hg, Pb, As, Cd, Cr, Ni, Cl₂, serta garam Ca dan Mg. Polutan logam berat ini sangat berbahaya bagi kehidupan air (Fardiaz, 1992).

Parameter kimia yang nilainya cukup tinggi diantaranya BOD, COD, Cd, nitrat, nitrit, serta minyak dan lemak. BOD (*biological oxygen demand*) menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan buangan di dalam air. Organisme hidup yang bersifat aerobik membutuhkan oksigen untuk beberapa reaksi biokimia, yaitu untuk mengoksidasi bahan organik, sintesis sel, dan oksidasi sel. Jika BOD tinggi berarti oksigennya terlarut sedikit, kondisi ini mengakibatkan terganggunya kehidupan organisme air termasuk mikroorganisme aerobik menjadi tidak dapat hidup dan berkembang biak, sebaliknya mikroorganisme anaerob akan aktif memecah bahan-bahan buangan secara anaerob. Senyawa-senyawa hasil pemecahan secara anaerob seperti amin, H₂S, dan pospor mempunyai bau yang menyengat, misalnya amin berbau anyir dan H₂S berbau busuk (Fardiaz, 1992). Nilai COD (*chemical oxygen demand*) menyatakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk reaksi kimia di dalam badan air. Menurut Davis dan Cornwell (1991) bahwa semakin tinggi nilai COD, maka akan

semakin banyak kadar oksigen terlarut yang diperlukan untuk proses kimiawi, akibatnya dapat mengurangi ketersediaan oksigen terlarut bagi kehidupan organisme perairan.

Kandungan Cd (cadmium) dalam perairan bersifat racun bagi organisme yang hidup di dalamnya. Biota air tawar akan mengalami kematian dalam waktu 96 jam bila dalam media hidupnya terkontaminasi Cd dengan rentang konsentrasi sebesar 1,092-1,104 ppm. Dalam tubuh biota perairan jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan dengan adanya proses biomagnifikasi di badan perairan. Pada keracunan kronis yang disebabkan oleh Cd, umumnya berupa kerusakan system fisiologi tubuh, misalnya system urinaria, system respirasi, system sirkulasi darah dan jantung, serta merusak kelenjar reproduksi, system penciuman, bahkan kerapuhan tulang (Palar, 2004).

Menurut Alaerts dan Santika (1987), nitrat dalam tubuh manusia direduksi menjadi nitrit yang dapat bereaksi dengan hemoglobin dalam darah sehingga menyebabkan darah tersebut tidak dapat lagi mengikat oksigen, dan asam yang dibentuk dari nitrat dapat bereaksi membentuk nitrosamine (R-R-N-NO) yang dapat menyebabkan kanker.

Minyak dan lemak yang mencemari air sering dimasukkan dalam kelompok padatan, yaitu padatan yang mengapung di atas permukaan air. Pencemaran air oleh minyak sangat merugikan karena menghalangi penetrasi cahaya matahari dan masuknya oksigen ke dalam air. Beberapa komponen penyusun minyak juga bersifat racun terhadap hewan maupun manusia. Komponen hidrokarbon yang mempunyai titik didih rendah diketahui dapat menyebabkan anestesi dan narkosis pada berbagai hewan tingkat rendah, dan jika terdapat pada konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan kematian. Komponen hidrokarbon aromatik yang mempunyai titik didih rendah terdapat dalam jumlah besar di dalam minyak dan merupakan komponen yang paling berbahaya dan beracun, misalnya benzene, toluene, dan xilen. Minyak juga mengandung naftalen dan

penantren dalam minyak juga lebih beracun terhadap ikan dibandingkan benzene, toluene, dan xilen (Fardiaz, 1992).

Hasil penelitian Pratiwi *et al* (2005), hasil perbaikan kualitas air lindi setelah diperlakukan dengan PAC adalah: pH 12,8%; TDS 72,7%; kesadahan 57,9%; NH_3 55%; NO_3^- 52%; Cl^- 65%; DO 27,5%; dan COD 68,9%. Sedangkan hasil penelitian Sutiasmi (2004), pengolahan limbah kulit dengan PAC 0,3% dan karbon aktif 15% dapat menurunkan beban pencemaran BOD_5 97% dan penurunan COD 96%. Pengolahan limbah kulit dengan PAC 0,3% dan zeolit 15% menurunkan parameter BOD_5 92% dan COD 91%.

Hasil penelitian Malhocra *et al* (1997) juga menyatakan bahwa PAC dapat menurunkan kandungan logam berat khususnya Fe, Mn, Cd, Cr, dan Pb pada air minum, dengan kemampuan yang sama dengan tawas. Tawas mempunyai kemampuan lebih baik dibanding PAC dalam menurunkan kandungan flourida yang ada dalam air minum.

3. Uji Toksisitas Air Lindi terhadap Ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*)

Penghitungan LC_{50} 24-96 jam menggunakan analisis probit (Finney, 1971) dan regresi linier. Nilai LC_{50} 24-72 jam lebih besar dari nilai LC_5 -96 jam (Tabel 6), baik pada uji toksisitas air lindi yang tidak diperlakukan PAC maupun yang diperlakukan dengan PAC terhadap ikan nila merah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu persentuhan air lindi dengan ikan nila merah, maka jumlah rata-rata kematian ikan akan meningkat pada konsentrasi air lindi yang lebih rendah. Hal ini diduga daya tahan ikan uji semakin lama akan semakin menurun, sehingga pada konsentrasi air lindi yang rendah pun sudah dapat mematikan ikan. Air lindi kemungkinan besar dapat terakumulasi dalam insang, kulit dan bagian lain dari ikan sehingga dapat mengganggu proses pernapasan serta pencernaan yang akhirnya berakibat kematian ikan uji, karena air lindi mengandung bahan organik, anorganik, partikel padat tersuspensi, serta bakteri.

Dari Tabel 6, nampak bahwa toksisitas air lindi terhadap ikan nila merah berdasarkan LC_{50} 24-96 jam adalah relatif lebih tinggi pada air lindi yang tidak diperlakukan dengan PAC, dibandingkan air lindi yang diperlakukan dengan PAC. Hal ini berarti mortalitas ikan uji berdasarkan LC_{50} 24-96 jam pada air lindi yang tidak diperlakukan PAC terjadi pada konsentrasi yang lebih rendah (10-20%) apabila dibandingkan dengan air lindi yang diperlakukan dengan PAC (40-50%). Penurunan toksisitas pada air lindi yang diperlakukan dengan PAC terhadap ikan nila merah berdasarkan LC_{50} 24-96 jam sebesar 25,99 – 64,38%. Air Lindi yang tanpa perlakuan PAC mempunyai batas aman bagi kehidupan ikan pada konsentrasi 2,107% ($10\% \times \text{LC}_{50}$ -48 jam tanpa perlakuan PAC), sedangkan pada air lindi yang diperlakukan PAC batas aman pada konsentrasi 6,373% ($10\% \times \text{LC}_{50}$ -48 jam dengan perlakuan PAC). Berdasarkan data LC_{50} 24-96 jam maupun konsentrasi aman air lindi tersebut, ternyata dapat untuk membuktikan bahwa PAC dapat menurunkan daya toksisitas air lindi yang berasal dari tempat pembuangan akhir sampah.

Hubungan korelasi antara konsentrasi air lindi dan jumlah mortalitas ikan nila merah pada uji sesungguhnya berdasarkan nilai koefisien korelasi pada kelompok yang tidak diperlakukan maupun kelompok yang diperlakukan dengan PAC pada pengamatan 24-96 jam menunjukkan bahwa ada hubungan korelasi positif antara konsentrasi air lindi dan jumlah mortalitas ikan nila merah, artinya semakin tinggi konsentrasi air lindi maka akan semakin banyak ikan nila merah yang mati. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi pada kelompok yang tidak diperlakukan dengan PAC pengamatan 24-96 jam berkisar antara 0,9855-0,9903, sedangkan pada kelompok yang diperlakukan dengan PAC pengamatan 24-96 jam berkisar antara 0,9921-0,9952.

Kualitas air pada uji toksisitas sesungguhnya, diukur di awal dan di akhir penelitian. Parameter yang diukur meliputi

pH, TDS, DO, COD, kesadahan, Cl^- , NO_3^- , dan NH_3 .

- a. **pH**; Hasil pengukuran pH pada air uji toksisitas yang tidak diperlakukan PAC antara 6,9-8,6, sedangkan pada air uji yang diperlakukan dengan PAC 6,7-7,3. Dibandingkan dengan kelayakan biologi (syarat kualitas air untuk ikan uji yang ditetapkan Puslitbang Perikanan Departemen Pertanian) yaitu pH: 6,5-9,0 maupun baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004 pH sebesar 6-9, maka kedua kisaran pH air uji toksisitas masih memenuhi syarat untuk hidup ikan uji.

Tinggi rendahnya pH di perairan dipengaruhi oleh konsentrasi ion karbonat, bikarbonat, dan CO_2 bebas (Davis dan Cornwell, 1991). Berbagai limbah industri biasanya mempunyai nilai pH yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah, sehingga dapat mempengaruhi kualitas dan kehidupan akuatik yang menerima limbah tersebut.

- b. **TDS (*total dissolved solid*)**; TDS pada air uji yang tidak diperlakukan PAC pada konsentrasi air lindi 10-15% adalah 1485-1826 mg/l, nilai ini masih berada pada batas toleransi kelayakan biologi untuk kehidupan ikan uji maupun baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004 TDS yaitu sebesar 2000 mg/l. Adapun pada konsentrasi air lindi 17,5-20% didapatkan nilai total zat padat terlarut antara 2012-2348 mg/l, nilai ini di atas batas toleransi kelayakan biologi untuk kehidupan ikan uji maupun baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004. Menurut Connel dan Miller (1983) adanya partikel padat dalam air dapat menyumbat insang dan menghambat pencairan makanan pada ikan, bahkan ikan tertentu akan mati karena saluran *operculum* dan *filamentum branchiale* tersumbat partikel endapan tanah liat yang terlarut dalam air.

Nilai TDS pada air uji yang diperlakukan dengan PAC pada konsentrasi air lindi 40-50% adalah 615-910 mg/l. Dibandingkan dengan kelayakan biologi (syarat kualitas air untuk ikan uji yang ditetapkan Puslitbang Perikanan Departemen Pertanian) yaitu TDS maksimal 2000 mg/l maupun baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004 TDS sebesar 2000 mg/l, maka nilai ini masih memenuhi syarat untuk hidup ikan uji.

- c. **DO (*dissolved oxygen*)**; DO pada air uji yang tidak diperlakukan PAC pada konsentrasi air lindi 10-15% berkisar antara 5,1-5,6 mg/l, hal ini berarti masih berada pada batas toleransi kelayakan biologi untuk kehidupan air uji yaitu minimal 5 mg/l. Sedangkan pada konsentrasi air lindi 17,5-20% didapatkan nilai DO antara 4,4-4,9 mg/l, nilai ini tidak memenuhi syarat batas toleransi kelayakan biologi untuk kehidupan ikan uji. Menurut Connel dan Miller (1983) kandungan oksigen terlarut 5 mg/l dianggap sebagai batas minimal untuk pertumbuhan dan perkembangan normal ikan. Hal ini berarti air uji toksisitas yang tidak diperlakukan dengan PAC pada air lindi konsentrasi 17,5-20%, berdasarkan kandungan oksigen terlarut tidak memenuhi syarat untuk hidup ikan uji.

Nilai DO pada air uji yang diperlakukan dengan PAC berkisar antara 5,0-6,3 mg/l. Dibandingkan dengan kelayakan biologi (syarat kualitas air untuk ikan uji yang ditetapkan Puslitbang Perikanan Departemen Pertanian) yaitu DO minimal 5 mg/l, maka nilai ini masih memenuhi syarat untuk hidup ikan uji.

- d. **COD (*chemical oxygen demand*)**; Nilai COD pada air uji yang tidak diperlakukan PAC pada air lindi konsentrasi 10-20% berkisar antara 392-710 mg/l. Nilai ini di atas baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004 yaitu COD sebesar 100 mg/l. Menurut Davis dan Cornwell (1991) bahwa semakin tinggi

nilai COD, maka akan semakin banyak kadar oksigen terlarut yang diperlukan untuk proses kimiawi, akibatnya dapat mengurangi ketersediaan oksigen terlarut bagi organisme perairan.

Nilai COD pada uji yang diperlakukan dengan PAC pada konsentrasi 40% adalah 75-98 mg/l, nilai ini di bawah baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004. Pada konsentrasi 42,5-50% nilai COD berkisar antara 102-147 mg/l, nilai ini berarti berada di atas baku mutu air limbah golongan I Perda Jateng 10/2004.

- e. **Kesadahan sebagai CaCO_3** ; Kesadahan pada air uji yang tidak diperlakukan PAC antara 182-409 mg/l sebagai CaCO_3 , nilai ini tidak memenuhi syarat batas toleransi kelayakan biologi untuk ikan uji yaitu antara 20-200 mg/l sebagai CaCO_3 . Menurut Alaerts dan Santika (1987) pengaruh langsung yang merugikan terhadap biota akibat penyimpangan kesadahan dari standar baku tidak ada, tetapi dapat mengakibatkan konsumsi sabun lebih tinggi dan terbentuknya kerak dinding pipa yang disebabkan oleh endapan kalsium bikarbonat.

Kisaran kesadahan pada air uji yang diperlakukan dengan PAC pada konsentrasi 40-50% adalah 82-200 mg/l sebagai CaCO_3 . Dibandingkan dengan kelayakan biologi (syarat kualitas air untuk ikan uji yang ditetapkan Puslitbang Perikanan Departemen Pertanian) yaitu kesadahan antara 20-200 mg/l sebagai CaCO_3 , maka kisaran kesadahan air uji toksisitas masih memenuhi syarat untuk hidup ikan uji.

- f. **Cl^-** ; Kandungan Cl^- pada air uji yang tidak diperlakukan PAC pada konsentrasi 10-15% antara 583-778 mg/l, nilai ini masih di bawah baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004 Cl^- sebesar 800 mg/l. Sedangkan pada konsentrasi 17,5-20% kisaran nilai Cl^- antara 841-946 mg/l, nilai ini berada di

atas baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004. Menurut Sutrisno dan Suciastuti (1991) Cl^- terutama yang berasal dari urin manusia dan hewan, jumlahnya hampir sama dengan Cl^- yang dikonsumsi lewat makanan dan air. Cl^- juga banyak terdapat di limbah industri plastik yang menggunakan bahan dasar *vinyl chlorida* ataupun *polyvinyl chlorida* (Manahan, 1992). *Vinyl chlorida* di dalam tubuh makhluk hidup dapat mempengaruhi sistem saraf pusat, sistem peredaran darah, sistem pernapasan, dan sistem pencernaan.

Nilai Cl^- pada air uji yang diperlakukan dengan PAC pada konsentrasi 40-50% berkisar antara 432-551 mg/l. Dibandingkan dengan baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004 Cl^- sebesar 800 mg/l, maka kisaran Cl^- air uji toksisitas masih memenuhi syarat untuk hidup ikan uji.

- g. **NO_3^-** ; Nilai NO_3^- pada air uji yang tidak diperlakukan PAC pada air lindi dengan konsentrasi 10-12,5% antara 17-19,6 mg/l, nilai ini masih belum melebihi baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004 NO_3^- sebesar 20 mg/l. Sedangkan pada konsentrasi 15-20% berkisar antara 21,9-34 mg/l, nilai ini di atas baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004. Menurut Alaerts dan Santika (1987), bahwa di dalam usus manusia NO_3^- direduksi menjadi NO_2^- , dan NO_2^- dapat bereaksi dengan hemoglobin dalam darah, sehingga menyebabkan darah tersebut tidak dapat mengikat oksigen. Asam yang dibentuk dari nitrat bereaksi membentuk nitrosamin (R-R-N-NO) yang dapat menyebabkan kanker.

Nilai kisaran NO_3^- pada air uji yang diperlakukan dengan PAC pada konsentrasi air lindi 40-50% adalah 13,2-19,8 mg/l. Dibandingkan dengan baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004, maka nilai ini masih memenuhi syarat untuk hidup ikan uji.

- h. NH_3 ; Kandungan NH_3 pada air uji yang tidak diperlakukan PAC pada konsentrasi 10-20% berkisar antara 1-3,3 mg/l, nilai ini sudah melebihi batas toleransi kelayakan biologi dan baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004 NH_3 sebesar 1 mg/l. Menurut Jenie dan Rahayu (1990), kandungan NH_3 yang tinggi pada permukaan air akan menyebabkan kematian ikan yang terdapat pada perairan tersebut. Hal ini disebabkan adanya NH_3 dapat menyebabkan keadaan kekurangan oksigen pada air, karena pada perubahan NH_3 menjadi NO_3^- membutuhkan 4,5 bagian oksigen untuk setiap bagian amoniak.
- Nilai NH_3 pada air uji yang diperlakukan PAC pada konsentrasi 40-45% antara 0,5-0,9 mg/l, nilai ini di bawah toleransi kelayakan biologi dan baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004 NH_3 . Sedangkan pada konsentrasi 47,5-50% kandungan NH_3 berkisar antara 1,1-1,4 mg/l, berarti melebihi batas toleransi kelayakan biologi maupun baku mutu air limbah golongan I menurut Perda Jateng 10/2004.

KESIMPULAN

Toksisitas air lindi tanpa perlakuan PAC: 25,06% (24 jam); 21,07% (48 jam); 17,49% (72 jam); dan 14,97% (96 jam); sedangkan toksisitas air lindi dengan perlakuan PAC: 89,44% (24 jam); 63,73% (48 jam); 49,99% (72 jam); dan 40,96% (96 jam).

Persentase penurunan toksisitas berdasarkan nilai LC_{50} 24-96 jam adalah: 64,38% (24 jam), 42,66% (48 jam), 32,50% (72 jam), dan 25,99% (96 jam).

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Sri, S.S., 1984, *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional, Jakarta.
- Astuti D. dan S. Darnoto, 2006, *Efektivitas PAC (Poly Aluminium Chloride) terhadap Penurunan Parameter BOD (Biological Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand) Leachate (Air Lindi) dari TPAS Putri Cempo Mojosoongo Surakarta* [Laporan Penelitian Reguler] LPM-UMS. Surakarta.
- Chen, Y.k., 1975, *Mechanisms of Leachate Formation in Sanitary Landfill*, Ann Arbor Science, Michigan.
- Connell, D.W. and Miller G.J., 1983, *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*. Wiley Interscience Publication, Brisbane Australia.
- Damanhuri, T.P., 1993, *Pengelolaan Persampahan*, Erlangga, Jakarta.
- Davis, M.L., and Cornwell, D.A., 1991, *Introduction to Environmental Engineering*, McGraw-Hill International Edition, Singapore.
- EPA, 1975, *Methods for Acute Toxicity Test with Fish, Macroinvertebrates and amphibian*, Nation Water Quality Laboratory, Duluth, Minn. 61 P.
- Fardiaz, S., 1992, *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta.
- Finney, D.J., 1971, *Assay Based on Quantal Responses*. Probit Methods, IRRI, Los Banos, Philipines.
- Malhocra, Kulkarni, and Pande S.P., (1997), Effectiveness of Poly Aluminium Chloride (PAC) vis-à-vis Alum in the Removal of Fluorides and Heavy Metals. *Journal of Environmental Science and Health*. ISSN 0360-1226 Vol.32 pp.2563-2574.

- Manahan, S.E., 1992, *Toxicological Chemistry*. Second Edition. Lewis Publishers. Tokyo.
- Masduki, A.N., 1986, *Persampahan Teknik Lingkungan*, ITB, Bandung.
- Palar, H., 2004, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Pemkot Surakarta, 2007, *Mekanisme Pengelolaan Sampah di Surakarta*, Dinas Kebersihan dan Pertamanan Pemerintah Kota Surakarta.
- Praktiknya, A.W., 2003, *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Kedokteran dan Kesehatan*, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Pratiwi, Y., Shalihudin Dj.T., dan Junun S., (2005), Uji Toksisitas dan Pengaruh Patologi Air Lindi dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah Piyungan Bantul terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) serta Penurunan Toksisitasnya dengan PAC. *Jurnal Sains dan Sibernatika* Volume 18 Nomer 3, Juli 2005 ISSN 1693-7392 h. 323-336.
- Raharjo, A., 1993, *Teknik Penjernihan Air, Perkembangan Teknik Koagulasi*, Makalah Seminar Teknologi Pengolahan Air Minum dan Industri, 16 Juni 1993. Dilaksanakan oleh Jurusan Teknik Kimia UNDIP dan PT Perintis Anugerah Ciptatama Jakarta.
- Sarto, 1994, *Pengolahan Limbah Cair secara Kimia (Netralisasi, Koagulasi, dan Flokulasi)*, Kursus Singkat Pengelolaan Limbah Cair. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup UGM, Yogyakarta.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*, UI Press, Jakarta.
- Sutrisno, C.T. dan Suciastuti, 1991, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Sutyasmi, S., Sunaryo I., dan Saraswati, A., 2004, *Pengaruh Penggunaan Zeolit dan Karbon Aktif pada Pengolahan Limbah Penyamakan Kulit*, Workshop Hasil Litbang Bidang Pengendalian Pencemaran, Balai besar Kulit, Karet dan Plastik, Yogyakarta, 126-130.